

Zatížení větrem

Rychlost a tlak větru

Střední rychlost větru v_m se má stanovit ze základní rychlosti větru v_b , která závisí na větrných podmínkách a na změně větru s výškou, stanovené z drsnosti terénu a orografie. Flukuační složka větru je vyjádřena intenzitou turbulence.

Výchozí základní rychlost větru $v_{b,0}$ je charakteristická desetiminutová střední rychlost větru, nezávislá na směru větru a ročním období, ve výšce 10 m nad zemí v terénu bez překážek s nízkou vegetací jako je tráva a izolovanými překážkami, vzdálenými od sebe nejméně 20násobek výšky překážek (kategorie terénu II).

oblast	I	II	III	IV	V
$V_{b,0}$	22,5	25	27,5	30	36 m/s (char. Hodnotu určí ČHMÚ)

1. Základní rychlost větru v_b

$$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0}$$

kde c_{dir} je součinitel směru větru (obecně $c_{dir} = 1$)
 c_{season} je součinitel ročního období (obecně $c_{season} = 1$).

2. Charakteristická střední rychlost větru $v_m(z)$ ve výšce z nad terénem

$$v_m(z) = c_r(z) c_0(z) v_b$$

kde $c_0(z)$ je součinitel orografie – horopisu (vliv osamělých kopců, hřebenů, útesů a příkrých stěn), pro většinu návrhových situací $c_0(z) = 1$ (rychlost větru není zvětšena o více jak 5% vlivem orografie)

$$c_r(z) \text{ součinitel drsnosti terénu } c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \text{ pro } z_{min} \leq z \leq z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \text{ pro } z \leq z_{min}$$

z_0 je parametr drsnosti terénu, viz tab. kategorie terénu

z_{min} je minimální výška, viz tab. kategorie terénu

z_{max} se uvažuje 200m

k_r součinitel terénu $k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$ $z_{0,II} = 0,05m$ (terén kat. II)

Kategorie terénu	z_0 [m]	z_{min} [m]
0 Moře nebo pobřežní oblasti vystavené otevřenému moři	0,003	1
I Jezera nebo vodorovné oblasti se zanedbatelnou vegetací a bez překážek	0,01	1
II Oblasti s nízkou vegetací jako je tráva a s izolovanými překážkami (stromy, budovy), jejichž vzdálenost je větší než 20násobek výšky překážek	0,05	2
III Oblasti rovnoměrně pokryté vegetací nebo budovami nebo s izolovanými překážkami, jejichž vzdálenost je maximálně 20násobek výšky překážek (jako jsou vesnice, předměstský terén, souvislý les)	0,3	5
IV Oblasti, ve kterých je nejméně 15 % povrchu pokryto pozemními stavbami, jejichž průměrná výška je větší než 15 m	1,0	10

3. Maximální dynamický tlak $q_p(z)$

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z) \cdot q_b$$

$[1 + 7 \cdot I_v(z)]$ je vliv turbulence

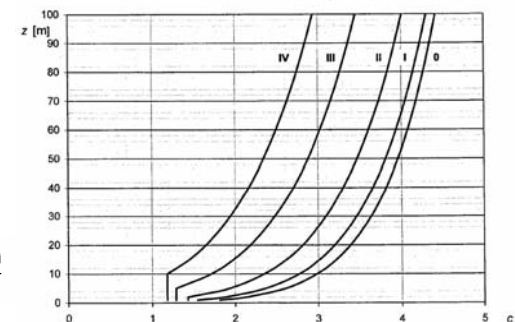
k_1 je součinitel turbulence (doporučená hodnota 1)

ρ měrná hmotnost vzduchu, závisí na nadmořské výšce, teplotě a barometrickém tlaku, který je v oblasti očekáván při silné vichřici, dop. hodnota $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

$q_b = 0,5 \rho v_b(z)^2$ základní dynamický tlak větru

$c_e(z)$ je součinitel expozice

$$c_e = \frac{q_p(z)}{q_b}$$



Kvazistálá odezva

Musí se počítat pro všechny konstrukce. Jestliže mají tuhé konstrukce vysokou vlastní frekvenci, takže rezonanční účinek větru je podružný, nemusí se určovat dynamická nebo aerostatická odezva.

Postup

- výpočet maximálního charakteristického tlaku
- určení součinitelů tlaků a sil
- výpočet tlaku nebo síly větru

4. Součinitelé tlaků a sil

$c_{pe,1}$ pro malé zatěžovací plochy ($< 1 \text{ m}^2$) – povrchy přímo zatížené větrem (obvodový plášť, upevňovací prvky)

$c_{pe,10}$ pro velké zatěžovací plochy ($> 10 \text{ m}^2$) – pro hlavní konstrukce a velké konstrukční prvky (rámy, průvlaky, sloupy)

5. Tlak větru

Tlak větru w_e působící na vnější povrchy $w_e = q_p(z_e) c_{pe}$

c_{pe} je součinitel vnějšího tlaku (závisí na velikosti plochy vystavené větru a zejména na tvaru konstrukce) (viz. příložené tabulky)

z_e referenční výška pro vnější tlak

Tlak větru w_i působící na vnitřní povrchy $w_i = q_p(z_i) c_{pi}$

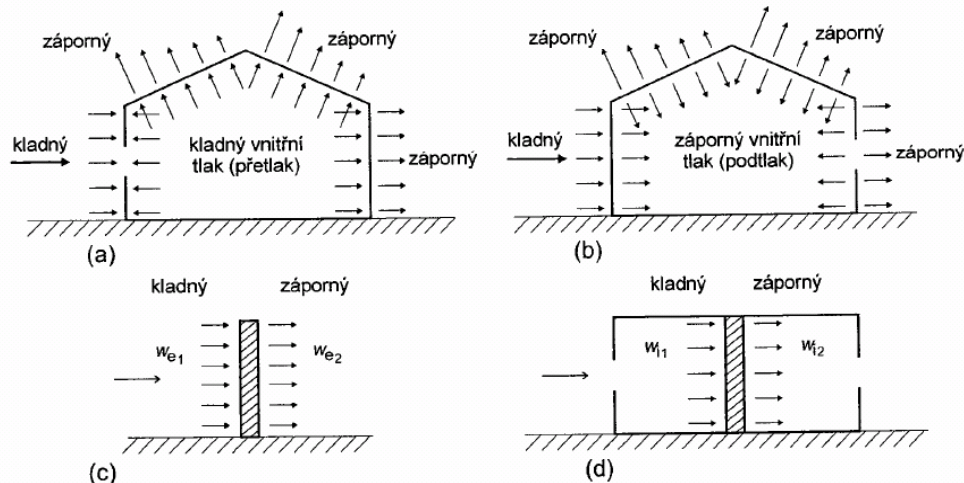
c_{pi} je součinitel vnitřního tlaku, závisí na velikosti a rozmístění otvorů v obvodovém plášti, poměru otvorů a na propustnosti obvod. pláště

z_i referenční výška pro vnitřní tlak

- tam, kde není možné stanovit poměr otvorů μ , nebo to není požadováno, bereme jako nepříznivější z

+0,2 a -0,3 pro $d/h \geq 4$
+0,3 a -0,4 pro $d/h \leq 1$

kde d je hloubka budovy, h je výška budovy



6. Síly od větru

$$F_w = c_s \cdot c_d \cdot c_f \cdot q_p(z) \cdot A_{ref}$$

Tuto sílu lze určit jako vektorový součet sil na vnější povrch ($F_{w,e}$), na vnitřní povrch ($F_{w,i}$) a třecí sílu (F_{fr}).

vnější síly:

$$F_{w,e} = c_s \cdot c_d \cdot \sum_{\text{povrchy}} w_e \cdot A_{ref}$$

vnitřní síly:

$$F_{w,i} = \sum_{\text{povrchy}} w_i \cdot A_{ref}$$

třecí síly:

$$F_{fr} = c_{fr} \cdot q_p(z_e) \cdot A_{fr}$$

- c_s je součinitel velikosti konstrukce – bere v úvahu účinek redukce zatížení v důsledku nesoučasného výskytu maximálních tlaků větru na povrchu
- c_d je dynamický součinitel (EN uvádí součin $c_s \cdot c_d$)
- c_f součinitel síly, můžeme uvažovat roven c_{pe}
- c_{fr} součinitel tření 0,01 (hladký povrch – ocel, hladký beton), 0,02 (hrubý – drsný beton, asfaltový šindel), 0,04 (velmi hrubý – vlnovky, žebra, drážky)
- A_{fr} plocha vnějšího povrchu rovnoběžná s větrem
- A_{ref} referenční plocha dílčího povrchu

Součinitel konstrukce ($c_s \cdot c_d$) lze uvažovat hodnotou 1,0 v případech:

- u pozemních staveb nižších než 15 m
- pro fasádní a střešní prvky se základní vlastní frekvencí větší jak 5 Hz
- pro pozemní stavby s rámovou kci a nosnými stěnami, které jsou nižší než 100 m, a jejichž výška je menší než čtyřnásobek délky ve směru větru.
- kruhové komíny – výška je menší než 60 m nebo než 6,5 násobek průměru.

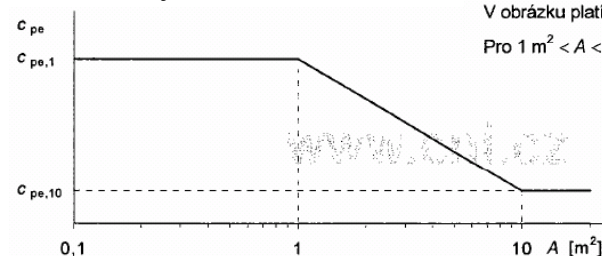
Pro konstrukce mimo tento rámec je postup stanovení součinitele uveden v normě.

Pro patrové budovy lze hodnotu $c_s \cdot c_d$ odečíst na obrázcích 6.4 a 6.5 v normě.

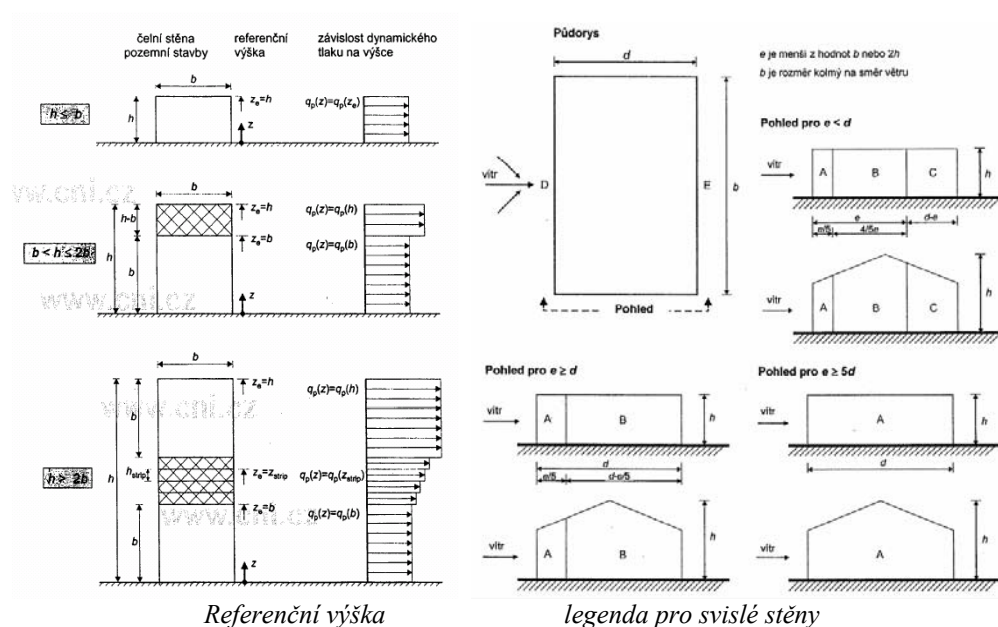
Podrobné obrázky jsou v normě i pro jiné konstrukce.

7. Součinitele tlaku pro pozemní stavby

Součinitele vnějšího tlaku



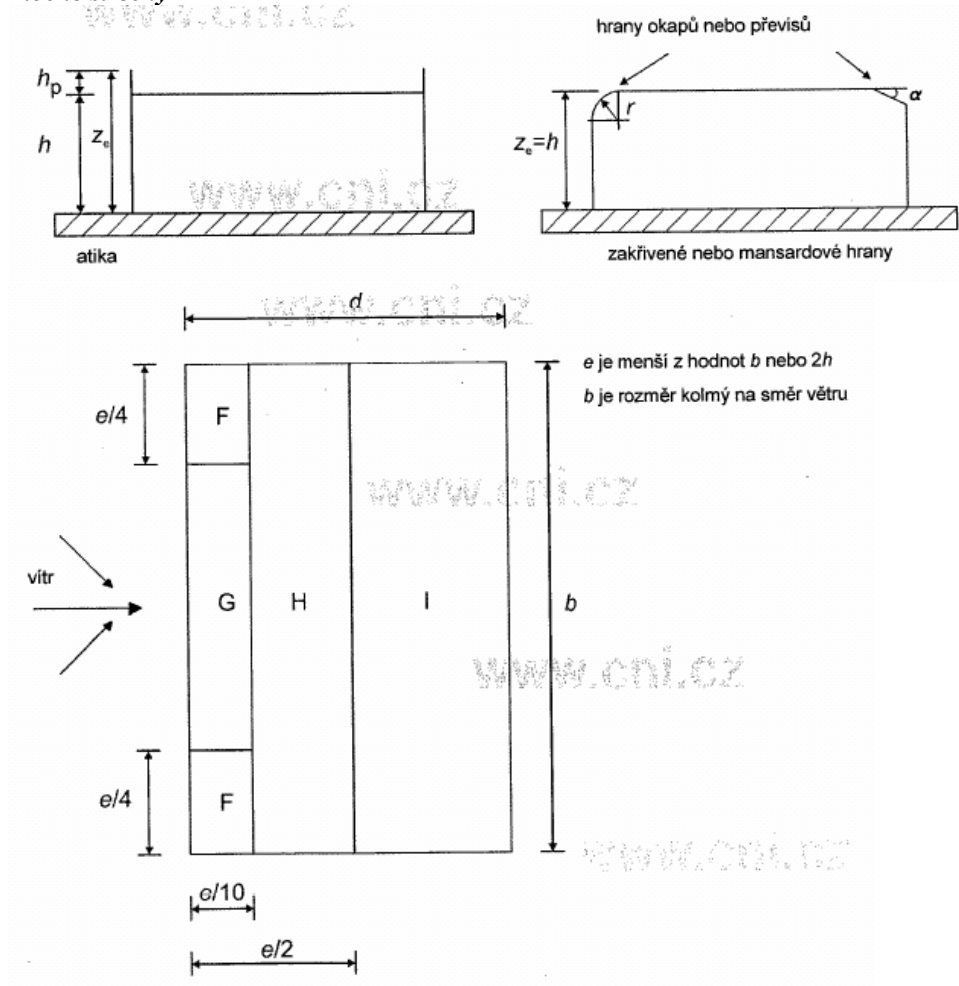
Svislé stěny pozemních staveb s pravoúhlým půdorysem



Oblast	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,7	-0,5	-0,8
1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,1	-0,5	+0,8	+1,0	-0,5	-0,5	-0,8
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5	+0,7	+1,0	-0,3	-0,5	-0,8

Doporučené hodnoty součinitelů vnějšího tlaku

Ploché střechy

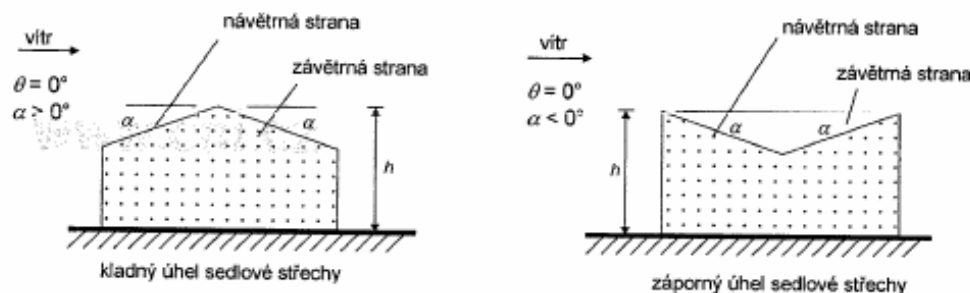


Typ střechy		Oblasti							
		F		G		H		I	
		$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
Ostré hrany		-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	+ 0,2	- 0,2
								+ 0,2	- 0,2
S atikou	$h_p/h = 0,025$	1,6	2,2	-1,1	-1,8	-0,7	-1,2	+ 0,2	- 0,2
	$h_p/h = 0,05$	-1,4	-2,0	-0,9	-1,6	-0,7	-1,2	+ 0,2	- 0,2
	$h_p/h = 0,10$	-1,2	-1,8	-0,8	-1,4	-0,7	-1,2	+ 0,2	- 0,2
Zakřivené hrany	$r/h = 0,05$	-1,0	-1,5	-1,2	-1,8	-0,4		+ 0,2	- 0,2
	$r/h = 0,10$	-0,7	-1,2	-0,8	-1,4	-0,3		+ 0,2	- 0,2
	$r/h = 0,20$	-0,5	-0,8	-0,5	-0,8	-0,3		+ 0,2	- 0,2
Mansardové hrany	$\alpha = 30^\circ$	-1,0	-1,5	-1,0	-1,5	-0,3		+ 0,2	- 0,2
	$\alpha = 45^\circ$	-1,2	-1,8	-1,3	-1,9	-0,4		+ 0,2	- 0,2
	$\alpha = 60^\circ$	-1,3	-1,9	-1,3	-1,9	-0,5		+ 0,2	- 0,2

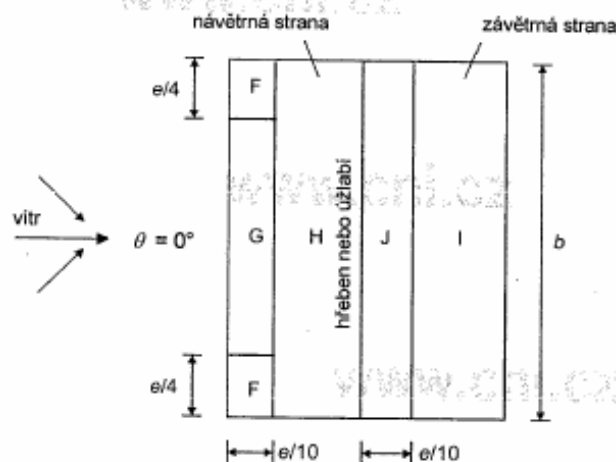
POZNÁMKY

- Pro střechy s atikou nebo se zakřivenými okraji lze použít lineární interpolaci pro mezilehlé hodnoty h_p/h a r/h .
- Pro střechy s mansardovými okraji lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami $\alpha = 30^\circ$, 45° a $\alpha = 60^\circ$. Pro $\alpha > 60^\circ$ se lineárně interpoluje mezi hodnotami pro $\alpha = 60^\circ$ a hodnotami pro ploché střechy s ostrými hranami.
- V oblasti I, kde jsou dány kladné a záporné hodnoty, musí být uváženy obě hodnoty.
- Pro mansardové hrany samotné jsou součinitele vnějšího tlaku uvedeny v tabulce 7.4a „Součinitele vnějšího tlaku pro sedlové střechy: směr větru 0° “, oblast F a G, v závislosti na úhlu sklonu mansardového okraje.
- Pro samotné zakřivené hrany se součinitele vnějšího tlaku stanovují lineární interpolací podél křivky mezi hodnotami na stěně a na střeše.

Sedlové střechy

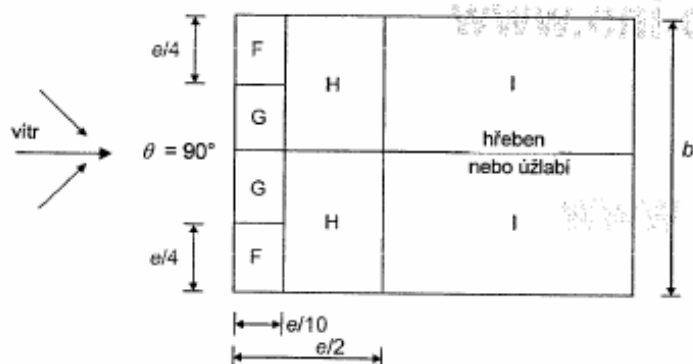


a) Všeobecně



e je menší z hodnot b nebo $2h$

b) Směr větru $\theta = 0^\circ$



c) Směr větru $\theta = 90^\circ$

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 0^\circ$									
	F		G		H		I		J	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-0,6		-0,6		-0,8		-0,7		-1,0	-1,5
-30°	-1,1	-2,0	-0,8	-1,5	-0,8		-0,6		-0,8	-1,4
-15°	-2,5	-2,8	-1,3	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5		-0,7	-1,2
-5°	-2,3	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	+0,2		+0,2	
							-0,6		-0,6	
5°	-1,7	-2,5	-1,2	-2,0	-0,6	-1,2	-0,6		+0,2	
	+0,0		+0,0		+0,0		-0,6		-0,6	
15°	-0,9	-2,0	-0,8	-1,5	-0,3		-0,4		-1,0	-1,5
	+0,2		+0,2		+0,2		+0,0		+0,0	+0,0
30°	-0,5	-1,5	-0,5	-1,5	-0,2		-0,4		-0,5	
	+0,7		+0,7		+0,4		+0,0		+0,0	
45°	+0,0		+0,0		+0,0		-0,2		-0,3	
	+0,7		+0,7		+0,6		+0,0		+0,0	
60°	+0,7		+0,7		+0,7		-0,2		-0,3	
75°	+0,8		+0,8		+0,8		-0,2		-0,3	

POZNÁMKA 1 Při $\theta = 0^\circ$ se tlaky prudce mění mezi kladnými a zápornými hodnotami pro úhly sklonu přibližně $\alpha = -5^\circ$ až $+45^\circ$; proto jsou uvedeny kladné a záporné hodnoty. Pro tyto střechy se mají uvažovat čtyři případy, ve kterých největší a nejmenší hodnoty ze všech oblastí F, G, a H jsou kombinovány s největšími a nejmenšími hodnotami v oblastech I a J. Na stejné straně nelze použít smíšené kladné a záporné hodnoty.

POZNÁMKA 2 Pro mezilehlé úhly sklonu se stejným znaménkem lze použít lineární interpolaci mezi hodnotami se stejným znaménkem. (Není dovoleno interpolovat mezi $\alpha = +5^\circ$ a $\alpha = -5^\circ$, ale použijí se hodnoty pro ploché střechy podle 7.2.3). Hodnoty 0,0 jsou uvedeny pro potřeby interpolace.

Úhel sklonu α	Oblast pro směr větru $\theta = 90^\circ$							
	F		G		H		I	
	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$	$C_{pe,10}$	$C_{pe,1}$
-45°	-1,4	-2,0	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-30°	-1,5	-2,1	-1,2	-2,0	-1,0	-1,3	-0,9	-1,2
-15°	-1,9	-2,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,2	-0,8	-1,2
-5°	-1,8	-2,5	-1,2	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
5°	-1,6	-2,2	-1,3	-2,0	-0,7	-1,2	-0,6	-1,2
15°	-1,3	-2,0	-1,3	-2,0	-0,6	-1,2	-0,5	-1,2
30°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,8	-1,2	-0,5	-1,2
45°	-1,1	-1,5	-1,4	-2,0	-0,9	-1,2	-0,5	-1,2
60°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2
75°	-1,1	-1,5	-1,2	-2,0	-0,8	-1,0	-0,5	-1,2